

Limbah Lumpur sebagai Bahan Campuran Batako, D.Indrawati, *et.al.*,  
JLT Vol. 6 No.1 Juni 2012, 1-6

# LIMBAH LUMPUR SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BATAKO

Dwi Indrawati, Devitamurti Bestari

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Jakarta 11440, Indonesia

[dindrawati@trisakti.ac.id](mailto:dindrawati@trisakti.ac.id)

## Abstrak

Limbah bahan berbahaya dan beracun yang mengandung logam berat hasil proses pengecatan di instalasi pengolahan air limbah Limbah Panasonic Manufacturing Indonesia diteliti untuk menentukan karakteristik limbah lumpur industri elektronik, parameter logam berat yang paling banyak diikat dalam agregat, pengaruh kadar lumpur dalam agregat terhadap tegangan tekan batako, dan mengetahui kadar limbah lumpur yang paling optimal untuk dijadikan bahan campuran dalam pembuatan batako yang aman dari segi kimia mobilitas logam berat dan fisik dari tegangan tekan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Nusantara Water Centre, serta Laboratorium Teknik Lingkungan dan Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Trisakti. Metode penelitian yang dilakukan yaitu uji *leaching* pada lumpur dan pasir untuk menentukan kadar Fe, Cu, Pb, Cr, Cd, Ni, dan Co. Ukuran batako yang diperlukan untuk laboratorium  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  untuk uji kuat tekan dan uji leaching (TCLP)  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$  dengan perbandingan lumpur dan semen  $^{10}/_{100}$ ,  $^{20}/_{100}$ ,  $^{25}/_{100}$  dan  $^{30}/_{100}$ . Hasil analisis lumpur memperlihatkan konsentrasi Pb (0,12 mg/L), Co (< 0,05 mg/L), Ni (6,39 mg/L), Cd (< 0,01 mg/L), Fe (0,24 mg/L), Cr (< 0,02 mg/L) dan Cu (0,05 mg/L). Hasil analisis fraksi pasir untuk semua logam berat berada di bawah baku mutu PP No. 85 Tahun 1999. Hasil uji TCLP memperlihatkan, logam berat Ni dan Fe paling banyak diikat dalam agregat. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa terjadi penurunan tegangan tekan bersamaan dengan penambahan lumpur. Dilihat dari uji *leaching* dapat disimpulkan sampai dengan rasio berat lumpur 0,3 terhadap semen, hasilnya masih di bawah baku mutu berdasarkan PP No. 85 Tahun 1999. Dari uji *leaching* dan uji kuat tekan dapat disimpulkan bahwa sampel dengan rasio berat lumpur 0,2 memiliki kuat tekan batako  $85 \text{ kg/cm}^2$  yang memenuhi persyaratan Peraturan Beton Indonesia Tahun 1971 dan memenuhi baku mutu PP No. 85 Tahun 1999 tentang baku mutu TCLP zat pencemar dalam limbah.

*Kata kunci: lumpur, batako, solidifikasi, uji leaching, kuat tekan*

## Abstract

**Sludge Waste as Stone Brick Mix Compound.** Hazardous waste of sludge containing heavy metals from painting process in waste water treatment plant of Panasonic Manufacturing Indonesia was studied to determine the characteristics of sludge waste from the electronics industry, the parameters of the most heavy metals bound by the aggregate, the sludge mixture levels effecting compressive stress of the sludge bricks, and the optimal mixed sludge of brick blocks that is safe chemically from the heavy metal mobilization and physically from compressive stress. The research was conducted at the Laboratory of Nusantara Water Centre, University of Trisakti's Laboratory of Environmental Engineering and Concrete Laboratory of Civil Engineering. The leaching tests on sludge and sand were done to determine the levels of Fe, Cu, Pb, Cr, Cd, Ni, and Co. The block size needed for laboratory was  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , for compressive strength and leaching tests was  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ , with sludge weight ratios of  $^{10}/_{100}$ ,  $^{20}/_{100}$ ,  $^{25}/_{100}$  and  $^{30}/_{100}$ . The analysis of the sludge shows the concentration of Pb (0.12 mg/L), Co (< 0.05 mg/L), Ni (6.39 mg/L), Cd (< 0.01 mg/L), Fe (0.24 mg/L), Cr (< 0.02 mg/L), and Cu (0.05 mg/L). The concentrations of all heavy metals in sand fraction are under the quality standard of PP No. 85 1999. TCLP test results shows that Ni and Fe are most bound in the brick aggregate. Compressive strength test shows the compressive stress decrease is coupled by the sludge addition. The leaching test for sludge ratio of to 0,3 still meet the quality standards of PP No. 85 1999. The leaching and compressive strength test conclude that the sample with sludge ratio of 0,2 has compressive strength of the  $85 \text{ kg/cm}^2$  block and meets the requirements of Indonesia Concrete Regulation (PBI) 1971 and the TCLP quality standard of contaminants in waste PP No. 85 1999.

**Keywords:** *sludge, block, solidification, leaching test, compressive strength*

## 1. Pendahuluan

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja no 05/MENAKER/1996 tentang Sistem Manajemen

Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah bagian dari sistem manajemen keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dalam rangka

pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja untuk terciptanya tempat kerja yang aman, efisien [1].

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kadar debu di bagian pengepakan dan pembuatan kantong semen di PT Semen Cibinong, hubungan antara kadar debu di tempat kerja tersebut dengan gangguan pernapasan pada karyawan, dan peranan alat pengendali debu terhadap keluhan dan gangguan penyakit saluran pernapasan dan iritasi.

## 2. Metode

Desain penelitian ini adalah *cross sectional*, dilakukan di PT Holcim, Cileungsi, Bogor. Lokasi pengambilan sampel pada bagian pengepakan semen dan pembuatan kantong

semen yang mewakili wilayah terpapar debu tinggi dan rendah.

Variabel penelitian meliputi variabel bebas, terikat dan variabel *confounding*. Ditetapkan sebagai variabel bebas adalah kadar debu, suhu dan kelembaban di tempat kerja, sedangkan variabel terikat adalah keluhan gangguan pernapasan dan iritasi pada pekerja. Sebagai variabel *confounding* adalah semua yang berhubungan dengan kedua variabel diatas seperti usia, masa kerja, pendidikan, perilaku merokok [2,3].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Karakteristik Kualitas Udara :

Data karakteristik kualitas udara rata-rata yang diukur di bagian pengepakan semen tercantum pada Tabel 1.

**Table 1. Karakteristik Kualitas Udara Bagian Pengepakan Semen**

Lokasi	Kadar Debu (mg/m <sup>3</sup> )	Suhu Ruang (°C)	Kelembaban (%)	PM10 (mg/m <sup>3</sup> )
Mesin no 5				
Pagi	16,5688	28,4	82	10829,30
	12,6232	25,3	90	8250,47
	6,2904	28,1	85	4111,38
Siang	14,2479	28,4	83	9312,37
	4,0052	26,0	87	2617,78
	24,2530	28,2	82	15851,66
Sore	13,5019	28,2	83	8824,79
	15,4265	25,7	88	10082,69
	12,3605	29,0	79	8078,77
Mesin no 7				
Pagi	4,2483	29,5	73	2776,67
	14,5213	29,6	71	9491,06
	12,1978	29,2	76	7972,43
Siang	17,1413	28,7	79	11203,49
	5,1375	30,0	73	3357,84
	10,8601	28,9	80	7096,12
Sore	15,7009	30,5	73	10262,05
	10,5789	29,1	81	6914,33
	9,3148	28,8	80	6088,12
Mesin no 8				
Pagi	22,1548	28,9	75	14480,29
	8,7890	28,6	75	5744,46
	16,6949	28,4	72	10911,72
Siang	13,9734	29,4	76	9132,96
	2,9890	29,4	76	1953,59
	7,5588	28,6	78	4940,4
Sore	11,8177	30,7	70	7724,02
	6,0550	30,6	76	4139,17
	10,9811	29,3	76	7177,2

**Tabel 2. Konsentrasi Debu di Bagian Pembuatan Kantong Semen (Kontrol)**

Lokasi	Kadar Debu (µg/m <sup>3</sup> )	Suhu Ruang (°C)	Kelembaban (%)
Pembuatan Kantong Semen	103,3	30	74

Hasil pengukuran kualitas udara di ruang pembuatan kantong semen menunjukkan kualitas udara tidak melebihi baku mutu udara ambien [4]. Kegiatan pengepakan dan pembuatan kantong semen akan berpengaruh pada timbulnya debu pada ruangan kerja. Jika pesanan semen meningkat maka meningkat pula kadar debu yang terukur di tempat ini.

#### Karakteristik Responden :

Pengambilan sampel di ruang pengepakan semen dilakukan di 3 titik, sedangkan untuk ruang pembuatan kantong semen yang mewakili daerah control sesuai dengan hasil pengukuran terakhir perusahaan. Terkumpul 80 kuesioner yang kemudian di analisis [2]. Hasil rekapitulasi yang diperoleh rata-rata usia pekerja di kedua bagian tersebut adalah 30 – 40 tahun dengan masa kerja 5 – 15 tahun, semua responden perokok aktif dan bekerja pada ruang yang sama.

Dari ruang pengepakan semen diketahui 50% responden berpendidikan SLTP, 35% SLTA dan 15% sampai ke perguruan tinggi. Pada ruang pembuatan kantong semen diketahui 58% pendidikan SLTP, 32% SLTA dan 10% perguruan tinggi [5].

#### Gejala Gangguan Pernapasan dan Iritasi :

Gejala gangguan didapat dari kuesioner yang disebarkan pada responden di masing-masing ruang pengamatan. Penetapan gejala gangguan saluran pernapasan didasarkan pada adanya 1 atau lebih gejala penyakit, yaitu sesak nafas, sakit tenggorokan, batuk dengan atau tanpa dahak, hidung tersumbat, iritasi mata, dan iritasi kulit [6]. Dari jenis gangguan kesehatan tersebut dirangkum hasil jawaban responden pada Tabel 3.

**Tabel 3. Distribusi Frekuensi Responden Penderita Gejala Gangguan Saluran Pernapasan dan Iritasi**

Jumlah Gejala	Pengepakan Semen Jumlah Penderita (%)	Pembuatan Kantong Semen Jumlah Penderita (%)	Total %
0	2,5	35	18
1	22	30	25
2	7,5	25	16
3	35	10	22
4	28	0	13
5	5	0	6
6	0	0	0

Pekerja pada dua lokasi pengambilan sampel semua laki-laki dengan rentang usia 30 – 40 tahun. Penyebaran kuesioner mengenai gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi dalam ruang pengepakan semen dan pembuatan kantong semen masing-masing 40 eksemplar yang disesuaikan dengan jumlah pekerja di masing-masing bagian tersebut. Masa kerja responden 5 – 15 tahun dengan waktu kerja 8 jam kerja/hari, masuk kerja 6 hari dalam seminggu.

Kriteria responden yang dianggap mengalami gangguan kesehatan jika responden mengeluhkan 1 dari 6 gejala yang telah disebutkan sebelumnya. Dari penelusuran kuesioner diketahui 30 dari 40 responden pada ruang pengepakan semen terkena gangguan saluran pernapasan dan iritasi, sedangkan sisanya 10 responden tidak mengalami gangguan saluran pernapasan dan iritasi [2,6].

Selanjutnya dapat dilihat bahwa 14 responden dari total 40 responden pada ruang pembuatan kantong semen terkena gangguan saluran pernapasan dan iritasi, sisanya 26 responden dinyatakan tidak mengalami gangguan pernapasan dan iritasi.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi timbulnya gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi ini, maka harus dianalisis faktor yang dapat

mempengaruhi timbulnya gejala gangguan tersebut [6,7]. Gejala gangguan dapat terjadi karena faktor-faktor berikut :

1. Kadar debu PM10 di udara
2. Frekuensi pajanan setiap hari
3. Karakteristik pekerja : lama kerja, riwayat merokok

Pada lingkungan kerja pabrik semen terutama di lingkungan pengepakan semen sering terlihat beberapa karyawan lalai menggunakan alat pelindung diri (masker, sarung tangan dll). Sedangkan menurut Suma'mur (1984) menggunakan alat pelindung diri dalam lingkungan kerja terutama pabrik merupakan salah satu cara dalam pengendalian pencemaran lingkungan kerja [7].

#### Analisis Statistik :

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan regresi linier dan logistik. Dari perhitungan analisis bivariat antara kadar debu, suhu ruang dan kelembaban diperoleh hubungan yang bermakna. Dari hasil analisis regresi linier didapatkan  $R^2 = 0,348$ , ini berarti peranan suhu terhadap kadar debu (PM10) di udara dalam ruang pada saat pengukuran sebesar 34,8% dan sisanya 66,2% dapat dipengaruhi oleh

faktor lain (kelembaban, kecepatan angin, dll). Sedangkan kelembaban mempengaruhi kadar debu (PM10) sebesar 10,5% dan sisanya 89,5% dipengaruhi faktor lain (suhu, kecepatan angin, dll).

Hasil perhitungan statistik dari hubungan antara gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi pada pekerja dengan suhu dan kelembaban di dalam ruang pengepakan semen tidak ada variabel yang mempunyai hubungan bermakna. Namun pada perhitungan statistik hubungan antara gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi dengan kadar debu (PM10), di udara dalam

ruang mempunyai hubungan bermakna secara statistik. Dari perhitungan didapat probabilitas seseorang untuk terkena gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi pada ruang pengepakan semen adalah  $0,676 \times 100\% = 67,6\%$ , untuk kadar debu (PM10) sebesar 7752,78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Keadaan ini dapat dikatakan kurang baik karena dapat mengganggu kesehatan pekerja pada ruangan tersebut [7].

Hubungan kadar debu dengan suhu dan kelembaban di ruang pengepakan semen ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hubungan Kadar Debu dengan Suhu dan Kelembaban Udara di Ruang Pengepakan Semen**

Model	B	R	R2	Sig
Constant	36802,82			.000
Suhu ruang (°C)	-1019,219	.590	.348	.000
Constant	-746,198			.855
Kelembaban (%)	108,256	.324	.105	.041

Dari persamaan matematika  $y = a + bx$

Maka persamaan regresi yang diprediksi untuk hubungan kadar debu dengan suhu adalah :

$$Y = 36802,82 + (-1019,219) * X$$

Dimana : Y = kadar debu PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

X = suhu ruang (°C)

Persamaan regresi hubungan debu dengan kelembaban adalah sebagai berikut:

$$Y = -746,198 + 108,256 * X$$

Dimana : Y = kadar debu PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

X = Kelembaban ruang (%)

Analisis statistik untuk mengetahui hubungan gejala gangguan pernapasan dan iritasi dengan kadar debu (PM10) di udara dalam ruang pengepakan semen menggunakan regresi logistik sebagai berikut:

**Tabel 5. Hubungan Gejala Gangguan Pernapasan dan Iritasi dengan Kadar Debu (PM10) di Udara dalam Ruang Pengepakan Semen**

Model	B	SE	Sig.	R	Exp (B)
Kadar PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	-6,10 <sup>-5</sup>	0,0003	0,0005	0,0000	1,9999
Constant	1,2056	1,1097	0,0088		

Dari hasil analisis statistic diatas didapat nilai  $p < 0,005$  (0,0005), ada hubungan bermakna secara statistic antara variable-variabel diatas. Model matematika yang dapat disusun dari hasil analisis statistic diatas adalah:

$$Y = 1,2056 + (-6,10^{-5}) * X$$

Y = gejala gangguan saluran pernapasan

X = Kadar PM10 dalam ruang

Apabila kadar PM10 yang tercatat 7752,78 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) maka dengan menggunakan persamaan diatas didapat:

$$Y = 1,2056 + (-6,10^{-5}) * 7752,78 = 0,74$$

Untuk mengetahui peluang seseorang terkena gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi jika bekerja di ruang pengepakan semen adalah:

$$P = 1/(1 + \exp^{-Y}) = 1/(1 + \exp^{-0,74}) = 0,0676$$

Sehingga probabilitas seseorang terkena gangguan pernapasan dan iritasi jika bekerja di bagian

pengepakan semen adalah 67,6% untuk kadar debu PM10 7752,78 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### Analisis Odd Ratio (OR)

Keluhan gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi diperoleh dari kuesioner yang diisi oleh karyawan pada ruang pengepakan semen dan pembuatan kantong semen PT Holcim. Ketentuan yang digunakan adalah adanya satu atau beberapa dari 6 gejala gangguan saluran pernapasan dan iritasi yang terdapat pada kuesioner tersebut, yaitu sesak napas, sakit tenggorokan, batuk dengan atau tanpa dahak, iritasi mata dan iritasi kulit.

Hasil dari pengisian kuesioner tersebut diperoleh bahwa responden pada ruang pengepakan semen yang menderita gejala gangguan pernapasan sebanyak 29 orang (72,5%) sedangkan sisanya 11 orang (27,5%) tidak mengalami gangguan.

Pada ruang pembuatan kantong semen pekerja yang menderita gangguan sebanyak 14 orang (35%), sedangkan sisanya 26 orang (65%) tidak mengalami

gangguan. Tabel distribusi gejala gangguan dan tidak ada gejala gangguan dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6. Distribusi Frekuensi Ada dan Tidak Ada Gejala Gangguan Saluran Pernapasan dan Iritasi**

Area		Ada Gejala	%	Tidak Ada Gejala	%
Pengepakan Semen		29 (a)	72,5	11 (b)	27,5
Pembuatan	Kantong Semen	14 (c)	35	26 (d)	65

Dari data diatas resiko karyawan yang bekerja di ruang pengepakan semen lebih besar dari pada pekerja di ruang pembuatan kantong semen. Analisis odd ratio (OR) adalah sebagai berikut.

$$OR = ad/bc = 29 \times 26 / 11 \times 14 = 4,9$$

Jadi resiko pekerja yang bekerja pada ruang pengepakan semen yang berkadar debu tinggi terkena gejala **gangguan pernapasan dan iritasi** adalah 4,9 kali lebih besar dibandingkan dengan pekerja yang bekerja pada ruang pembuatan kantong semen yang berkadar debu lebih rendah [6,8].

Gangguan saluran pernapasan merupakan kasus yang paling banyak terjadi dalam penelitian di lingkungan kerja bagian pengepakan semen dan pembuatan

kantong semen [9]. Tingginya kadar debu pada ruang pengepakan semen merupakan faktor utama pekerja pada ruangan tersebut untuk terkena gangguan saluran pernapasan. Tabel distribusi gejala gangguan pernapasan dan tidak ada gejala gangguan saluran pernapasan dapat dilihat pada Tabel 7.

#### Analisis Kapasitas Paru dengan Spirometer

Pekerja pada lingkungan berdebu kemungkinan saluran pernapasan nya akan terganggu, hal ini disebabkan udara yang dihirup telah terkontaminasi oleh debu. Karena itu perlu diambil sampel kapasitas paru-paru pekerja tersebut untuk mengetahui apakah ada kelainan pada paru [9]. Sampel diambil secara acak masing-masing bagian 5 orang pekerja. Berikut pada Tabel 7 hasil analisis kapasitas paru.

**Tabel 7. Hasil Analisis Kapasitas Paru Pekerja dengan Spirometer**

Pengepakan Semen		Pembuatan Kantong Semen	
Kode Pekerja	Hasil Analisis	Kode Pekerja	Hasil Analisis
A	<i>Restrictive</i>	F	<i>Restrictive</i>
B	<i>Restrictive</i>	G	<i>Restrictive</i>
C	<i>Restrictive</i>	H	Normal
D	<i>Restrictive</i>	I	Normal
E	<i>Restrictive</i>	J	

Dari hasil analisis diatas dapat diketahui 2 pekerja di bagian pembuatan kantong semen (kadar debu rendah) mempunyai kapasitas paru normal, sisanya menunjukkan hasil *restrictive* untuk semua lokasi pengamatan.

#### 4. Kesimpulan

- Rata-rata kadar debu PM10 dalam 3 kali pengukuran di lokasi pengepakan semen adalah 7752,78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan di ruang pembuatan kantong semen adalah 103,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Di ruang pengepakan semen terdapat 75% yang mengalami gangguan saluran pernapasan dan

- iritasi dan 35% di ruang pembuatan kantong semen.
- Pada ruang pengepakan semen resiko pekerja yang mengalami gangguan saluran pernapasan dan iritasi 4,9 kali lebih besar dibandingkan pekerja yang ada di ruang pembuatan kantong semen.
- Hasil analisis pada ruangan pengepakan semen menunjukkan 5 pekerja yang diambil dari total 5 sampel pekerja dalam sampel nya dinyatakan *restrictive*, terjadi penurunan fungsi paru, sedangkan di ruang pembuatan kantong semen terdapat 3 pekerja yang mengalami *restrictive* dan 2 pekerja dinyatakan normal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sahib, S., 1997, *Teknik Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Jakarta : PT. Bina Sumber Daya Manusia.
- [2] Achmadi, U., 1997, *Transformasi Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Kerja di Indonesia*, Jakarta : KPPL.
- [3] Cooper, D., Alley, F.C., 1994, *Air Pollution Control—A Design Approach*, Illinois : Waveland Press, Inc.
- [4] Budirahardjo, E., 1998, *Prediksi Dampak Penurunan Kualitas Udara dengan Modeling Matematika*, Jakarta : USAKTI
- [5] Semen Cibinong, 1996, *Kebijakan-Kebijakan Dasar Perusahaan*, Jakarta : PT. Semen Cibinong.
- [6] Alsagaff, H. dan Mangunegoro, H., 1987, *Nilai Normal Faal Paru Orang Indonesia pada Usia Sekolah dan Pekerja Dewasa Berdasarkan Rekomendasi American Thoracic Society*, Surabaya : Airlangga.
- [7] Mulyono, E.L., 1997, *Peraturan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Jakarta : Harvindo.
- [8] Kiely, G., 1997, *Environmental Engineering*, Boton : Irwin-McGraw-Hill.
- [9] Veslind, P.A., J.J. Pierce and R.F. Weiner, 2004, *Environmental Engineering 3<sup>rd</sup> edition*, Newton : Butterworth- Heinemann.